

(11)特許出願公開番号

(P2002-76432A)

(43)公開日 平成14年3月15日(2002.3.15)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

FI

テーマコード* (参考)

H O 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

B 5 F 0 4 1

H 0 4 B 10/105

H 0 4 B 9/00

R 5K002

10/10

W

10/22

10/28

審査請求 未請求 請求項の数10 OL (全 10 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-260984(P2000-260984)

(22)出願日 平成12年8月30日(2000.8.30)

(71)出願人 000002303

スタンレー電気株式会社

東京都目黒区中目黒2丁目9番13号

(72)發明者 梁 吉鎬

神奈川県横浜市青葉区荏田西1-3-1

スタンレー電気株式会社技術研究所内

(72)発明者 小川 芳宏

神奈川県横浜市青葉区荏田西1-3-1

スタンレー電気株式会社技術研究所内

(74) 代理人 100091340

弁理士 高橋 敬四郎 (外2名)

最終頁に続く

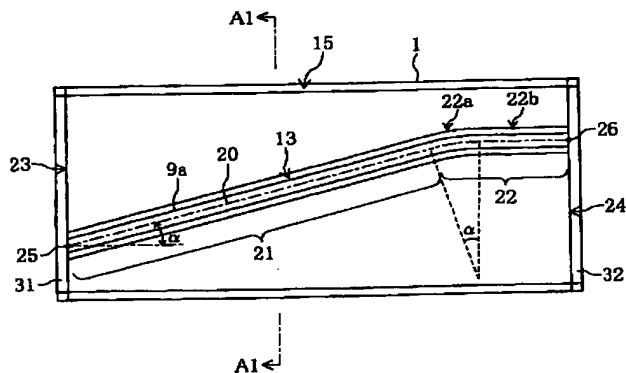
(54) 【発明の名称】 端面発光型半導体装置、その製造方法及び光空間伝送装置

(57) 【要約】

【課題】 発光効率を低下させることなく、比較的大きな光出力を得ることが可能な端面発光型半導体装置を提供する。

【解決手段】 基板が、相互に平行に配置された第1及び第2の端面と、該第1及び第2の端面を接続する主面とを有する。主面上に活性層が形成されている。活性層の上に、第1の端面上の点と第2の端面上の点とを接続する経路に沿って尾根状部分が配置されている。尾根状部分は、活性層の屈折率よりも低い屈折率を有する半導体材料で形成されて導波路を画定する。経路は、第1の端面側の第1の部分と第2の端面側の第2の部分とから構成されている。第1の端面の主面内に向かう法線と第1の部分とが第1の角度をなす。第2の端面の主面内に向かう法線と第2の部分とが、第1の角度よりも小さな第2の角度をなす。電極が、活性層のうち前記経路に沿った領域に電流を注入する。

実施例によるSLD



23: 出射端面
24: 反射端面

31:低反射膜
32:反射膜

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 相互に平行に配置された第 1 及び第 2 の端面と、該第 1 及び第 2 の端面を接続する主面とを有する基板と、

前記主面上に形成され、キャリアの注入によって発光する半導体材料からなる活性層と、

前記活性層の上に、前記第 1 の端面上の点と前記第 2 の端面上の点とを接続する経路に沿って配置された尾根状部分であって、該尾根状部分が前記活性層の屈折率よりも低い屈折率を有する半導体材料で形成されて導波路を

10 画定し、前記経路が前記主面に沿い、前記第 1 の端面側の第 1 の部分と前記第 2 の端面側の第 2 の部分とから構成され、前記第 1 の部分と前記第 1 の端面とが接続された点において、前記第 1 の端面の前記主面内に向かう法線と前記第 1 の部分とが第 1 の角度をなし、前記第 2 の部分と前記第 2 の端面とが接続された点において、前記第 2 の端面の前記主面内に向かう法線と前記第 2 の部分とが、前記第 1 の角度よりも小さな第 2 の角度をなす前記尾根状部分と、

前記活性層のうち前記経路に沿った領域に電流を注入する電極とを有する端面発光型半導体装置。

20

【請求項 2】 前記第 1 の部分が直線状であり、前記第 2 の部分が変曲点を持たない線状である請求項 1 に記載の端面発光型半導体装置。

【請求項 3】 前記第 1 の部分が直線状であり、前記第 2 の部分が、前記第 2 の端面に接続された直線状部分と、該直線状部分を前記第 1 の部分に滑らかに接続する曲線状部分とを有する請求項 1 に記載の端面発光型半導体装置。

【請求項 4】 前記第 2 の角度が $0^{\circ} \sim 3^{\circ}$ である請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の端面発光型半導体装置。

30

【請求項 5】 前記第 1 の角度が、 $2^{\circ} \sim 10^{\circ}$ である請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の端面発光型半導体装置。

【請求項 6】 前記基板の主面が長方形形状もしくは正方形形状であり、

さらに、前記基板の 4 つの端面のうち、前記第 1 及び第 2 の端面以外の第 3 及び第 4 の端面の、前記活性層の下面よりも深い位置から、該基板の最上層の対応する端面までを覆う絶縁性の保護膜を有する請求項 1 ～ 5 のい

40

ずれかに記載の端面発光型半導体装置。

【請求項 7】 前記第 3 の端面と前記主面との稜、及び前記第 4 の端面と前記主面との稜に対応する部分が面取りされ、前記活性領域の端部が、面取り部の斜面内に位置しており、

前記保護膜が、前記面取り部の斜面を覆い、前記第 3 及び第 4 の端面のうち該斜面よりも深い領域は覆っていない請求項 6 に記載の端面発光型半導体装置。

【請求項 8】 さらに、前記第 1 の端面上に形成された反射防止膜を有する請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載の端

50

面発光型半導体装置。

【請求項 9】 請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載された端面発光型半導体装置と、

前記端面発光型半導体装置の第 1 の端面から放射された光を受光する受光装置とを有する光空間伝送装置。

【請求項 10】 半導体基板表面の 2 つの劈開方向をそれぞれ X 方向及び Y 方向とし、Y 方向に平行で、かつ X 方向にある距離を隔てて配列した複数の第 1 の仮想直線、及び X 方向に平行で、かつ Y 方向にある間隔を隔てて配列した複数の第 2 の仮想直線を考えたとき、

該半導体基板の表面上に、電流注入によって発光する活性層を形成する工程と、

前記半導体基板の表面に平行な複数の経路に沿って光を伝搬させる導波構造であって、該複数の経路の各々が、相互に隣り合う前記第 1 の仮想直線の間に配置され、Y 方向に対して傾斜している第 1 の部分と Y 方向に平行な第 2 の部分とが Y 方向に交互に配置されたパターンを有し、前記第 1 の部分及び第 2 の部分の各々が前記第 2 の仮想直線と交差している前記導波構造を形成する工程と、

前記半導体基板の表面上に、前記第 1 の仮想直線に沿った溝を形成する工程と、

前記半導体基板を、前記第 2 の仮想直線に沿って劈開する工程と、

劈開された半導体基板を、前記溝に沿ってさらに劈開する工程とを有する端面発光型半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、端面発光型半導体装置、その製造方法、及び光空間伝送装置に関し、特にスーパーluminescent 光 (S L 光) を発光する端面発光型半導体装置、その製造方法、及びそれを用いた光空間伝送装置に関する。

【0002】

【従来の技術】スーパーluminescent ダイオード (S L D) が、半導体光増幅器や光ファイバジャイロ用光源として研究されてきた。S L D からの出力光は、コヒーレンス性が低い。S L D の動作は、レーザ発振を抑制することを前提としているが、S L 光は、光利得を有する導波路を経て出射するため、高速変調を行うことが可能である。このため、S L D は、高速の光空間伝送用素子として注目されている。レーザ発振を抑止する方法として、導波路の両端における反射率を低減させる方法、及び導波路の一部に光吸収領域を設ける方法等が提案されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】導波路の両端における反射率を低減させるために、導波路の両端が無反射コーティングされる。しかし、反射率を 1×10^{-5} 以下にして高出力 S L D を作製することが困難であり、実用的で

はない。また、導波路の一部に光吸収領域を設けたSLDでは、発光層で発光した光のエネルギーの約半分が吸収されてしまう。このため、発光効率が低下するとともに、光吸収による発熱が問題になる。さらに、素子長が長くなってしまふ。

【0004】本発明の目的は、発光効率を低下させることなく、比較的大きな光出力を得ることが可能な端面発光型半導体装置及びその製造方法を提供することである。

【0005】本発明の他の目的は、上記端面発光型半導体装置を用いた光空間伝送装置を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の一観点によると、相互に平行に配置された第1及び第2の端面と、該第1及び第2の端面を接続する主面とを有する基板と、前記主面上に形成され、キャリアの注入によって発光する半導体材料からなる活性層と、前記活性層の上に、前記第1の端面上の点と前記第2の端面上の点とを接続する経路に沿って配置された尾根状部分であって、該尾根状部分が前記活性層の屈折率よりも低い屈折率を有する半導体材料で形成されて導波路を画定し、前記経路が前記主面に沿い、前記第1の端面側の第1の部分と前記第2の端面側の第2の部分とから構成され、前記第1の部分と前記第1の端面とが接続された点において、前記第1の端面の前記主面内に向かう法線と前記第1の部分とが第1の角度をなし、前記第2の部分と前記第2の端面とが接続された点において、前記第2の端面の前記主面内に向かう法線と前記第2の部分とが、前記第1の角度よりも小さな第2の角度をなす前記尾根状部分と、前記活性層のうち前記経路に沿った領域に電流を注入する電極とを有する端面発光型半導体装置が提供される。

【0007】第1の部分が第1の端面の法線から傾いているため、尾根状部分に沿った経路を第1の端面に向かって伝搬する光が、第1の端面で反射された反射光のうち、経路内に戻ってくる成分が少ない。このため、レーザ発振を抑制することができる。これにより、第1の端面からSL光が放射される。第2の角度が第1の角度よりも小さいため、第2の端面で反射された反射光のうち多くの成分が経路内に戻ってくる。このため、第2の端面からの無駄な放射を抑制し、第1の端面から放射されるSL光の強度を高めることができる。

【0008】本発明の他の観点によると、上記端面発光型半導体装置と、前記端面発光型半導体装置の第1の端面から放射された光を受光する受光装置とを有する光空間伝送装置が提供される。

【0009】SL光を用いて光空間伝送を行うことにより、LEDの発光を用いる場合に比べて高速伝送を可能にすることができる。

【0010】本発明のさらに他の観点によると、半導体基板表面の2つの劈開方向をそれぞれX方向及びY方向

とし、Y方向に平行で、かつX方向にある距離を隔てて配列した複数の第1の仮想直線、及びX方向に平行で、かつY方向にある間隔を隔てて配列した複数の第2の仮想直線を考えたとき、該半導体基板の表面上に、電流注入によって発光する活性層を形成する工程と、前記半導体基板の表面に平行な複数の経路に沿って光を伝搬させる導波構造であって、該複数の経路の各々が、相互に隣り合う前記第1の仮想直線の間に配置され、Y方向に対して傾斜している第1の部分とY方向に平行な第2の部分とがY方向に交互に配置されたパターンを有し、前記第1の部分及び第2の部分の各々が前記第2の仮想直線と交差している前記導波構造を形成する工程と、前記半導体基板の表面上に、前記第1の仮想直線に沿った溝を形成する工程と、前記半導体基板を、前記第2の仮想直線に沿って劈開する工程と、劈開された半導体基板を、前記溝に沿ってさらに劈開する工程とを有する端面発光型半導体装置の製造方法が提供される。

【0011】直線状の第1の部分及び第2の部分が、第2の仮想直線と交差しているため、第2の仮想直線に沿って劈開する際に、高い位置精度が要求されない。

【0012】

【発明の実施の形態】図1に、実施例によるSLDの断面図を示す。n型GaAsからなる基板1の主面上に、n型GaAsからなるバッファ層2が形成されている。基板1の主面のミラー指数は(100)である。基板1及びバッファ層2に添加された不純物はシリコン(Si)であり、その濃度は $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。バッファ層2の上に、バンドギャップ1.90 eVのn型InGaPからなる厚さ1 μm のn型クラッド層3が形成されている。n型クラッド層3に添加されたn型不純物はSiであり、その濃度は $7.5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ である。

【0013】n型クラッド層3の上にn側分離閉じ込め型ヘテロ層(SCH層)4、多重量子井戸層(活性層)5、p側SCH層6が順番に積層されている。n側SCH層4及びp側SCH層6は、共にバンドギャップ1.45~1.85 eVのInGaAsPで形成され、その厚さは80 nmである。多重量子井戸層5は、InGaAsからなる厚さ5 nmの3層の井戸層と、InGaAsPからなる厚さ10 nmの2層のバリア層とで構成され、両者が交互に積層された積層構造を有する。井戸層は、波長0.94 μm に相当するバンドギャップを有し、バリア層は波長0.76 μm に相当するバンドギャップを有する。

【0014】p型SCH層6の上に、p型InGaPからなる厚さ0.3 μm のp型クラッド層7、p型GaAsからなる厚さ3 nmのエッチング停止層8が順番に形成されている。エッチング停止層8の上に、厚さ0.7 μm のp型InGaP層9と厚さ0.2 μm のp型GaAs層10とが順番に形成されている。この2層に、相

互に平行に配置され、エッチング停止層8の上面まで達する2本の溝13が形成されている。2本の溝13の間に、p型InGaPからなる尾根状クラッド9aとp型GaAsからなるコンタクト層10aとの積層が画定される。尾根状クラッド9aとコンタクト層10aとで構成される尾根状部分が、多重量子井戸層5に沿った導波路を画定する。

【0015】p型クラッド層7及びp型InGaP層9に添加された不純物は亜鉛(Zn)であり、その濃度は $7.5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ である。コンタクト層10aに添加された不純物はZnであり、その濃度は $1 \times 10^{19} \sim 2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ である。

【0016】図2に、実施例によるSLDの平面図を示す。図1は、図2の一点鎖線A1-A1における断面図に相当する。基板1の主面は、長さ $750 \mu\text{m}$ 、幅 $200 \mu\text{m}$ の長方形形状である。主面の2つの短辺のうち一方の辺に対応する端面が射出端面23であり、他方の短辺に対応する端面が反射端面24である。

【0017】尾根状クラッド9aは、射出端面23上の点25と、反射端面24上の点26とを接続する導波路20に沿って配置されている。導波路20は、射出端面23側の第1の部分21と、反射端面24側の第2の部分22とから構成されている。第1の部分21は直線状であり、点25から主面内に向かう射出端面23の法線に対して傾いている。この傾き角をチルト角 α とする。

【0018】第2の部分22は、反射端面24に連続する直線状部分22bと、直線状部分22bを第1の部分21に滑らかに接続する円弧状部分22aとで構成される。直線状部分22bは反射端面24に直交する。円弧状部分22aの中心角の大きさはチルト角 α に等しい。

【0019】射出端面23上に、反射防止膜31が形成され、反射端面24上に、反射膜32が形成されている。

【0020】図1に戻って説明を続ける。基板1の4つの端面のうち射出端面23及び反射端面24以外の側端面27及び28と、基板1の主面との稜に対応する部分が面取りされている。多重量子井戸層5の端部が、この面取り部15の斜面内に位置している。面取り部15、溝13の側面、及び両者の間のp型GaAs層10の上面が絶縁材料、例えば酸化シリコンからなる保護膜11で覆われている。

【0021】保護膜11及びコンタクト層10aの上面を、p側電極12が覆う。p側電極12は、厚さ 300 nm のTiAu合金膜である。基板1の裏面上に、n側電極14が形成されている。n側電極14は、厚さ 200 nm のAuGe合金膜である。

【0022】次に、図1及び図2に示した実施例によるSLDの製造方法について説明する。まず、基板1の主面上に、バッファ層2からp型GaAs層10までを、有機金属化学気相成長(MOCVD)により順番に積層

する。用いる原料は、トリメチルガリウム(TMGA)、トリメチルインジウム(TMIn)、アルシン(AsH_3)、フォスフィン(PH_3)である。不純物であるZn及びSiの原料として、ジメチル亜鉛(DMZn)及びシラン(SiH_4)を用いる。成長温度は 730°C 、圧力は $1 \times 10^4 \text{ Pa}$ とする。GaAs層を成膜する時のV/III比は100、InGaP層を成膜する時のV/III比は76とする。

【0023】次に、p型GaAs層10の上面からエッチング停止層8の上面まで達する溝13を形成する。p型GaAs層10のエッチングは、リン酸(H_3PO_4)と過酸化水素(H_2O_2)と水(H_2O)とを混合したエッチャントを用いて行われる。p型InGaP層9のエッチングは、塩酸(HCl)とリン酸とを混合したエッチャントを用いて行われる。p型InGaP層9の下にエッチング停止層8が配置されているため、エッチングの深さを再現性よく制御することができる。

【0024】次に、面取り部15に対応する位置にV溝を形成する。面取り部15の斜面は、このV溝の片側の側面に相当する。

【0025】基板の全面上に、酸化シリコン膜を電子ビーム蒸着により形成する。この酸化シリコン膜をパターニングすることにより、コンタクト層10aの上面を露出させる。さらに、全面上に、p側電極12をスパッタリングにより形成する。基板1の厚さが $100 \mu\text{m}$ 程度になるまで基板1の裏面を研磨する。研磨後、基板1の裏面上にn側電極14をスパッタリングにより形成する。

【0026】次に、射出端面23及び反射端面24に沿って、第1次劈開を行う。スパッタリングにより、射出端面23の表面上に反射防止膜31を形成し、反射端面24の表面上に反射膜32を形成する。反射防止膜31及び反射膜32は、酸化チタン膜と酸化シリコン膜との積層構造を有する。

【0027】次に、V溝に沿って第2次劈開を行う。第2次劈開により、図1に示した側端面27及び28が現れ、ウエハがチップ単位に分割される。

【0028】上記実施例によるSLDにおいては、尾根状部分9a、10aにより曲がった導波路が画定される。射出端面23に対して導波路が斜めに交わるため、射出端面23で反射された光束がほとんど導波路に戻らない。このため、レーザ発振を抑制することができる。また、反射端面24側においては、導波路が反射端面24に垂直に交わる。このため、比較的多くの反射波が導波路に戻る。これにより、反射端面24からの無駄な射出を少なくするとともに、射出端面23からのSL光の出力を高めることができる。

【0029】尾根状部分9a及び10aの両脇に形成された溝13内は、大気で満たされる。尾根状部分9a及び10aの屈折率と大気の屈折率との差が大きいため、

導波効果を高めることができる。特に、図 2 に示したような曲がった導波路を有する場合には、実施例の構造を採用して導波効果を高めることが好ましい。

【0030】また、上記実施例による SLD では、図 1 に示したように、多重量子井戸層 5 の側端面 27 及び 28 側の端部が、面取り部 15 の斜面内に位置している。この斜面は、エッチングにより形成された V 溝の側面である。一般に、p n 接合部にクラックが進入すると、クラックに起因したリーク電流が発生する。実施例の場合には、p n 接合部よりも深い位置まで V 溝が形成され、この V 溝を利用して劈開が行われる。p n 接合部に、スクライブによるクラックが発生しないため、リーク電流の増加を防止することができる。さらに、スクライブによるチップの汚れを防止することができる。

【0031】p 側電極 12 を放熱ブロック等に接着（ボンディング）する際に、AuSn、AuGe、SnPb、In 等のボンディング材が SLD チップの端面に回り込む場合がある。上記実施例では、多重量子井戸層 5 の側端面 27 及び 28 側の端部が、保護膜 11 で覆われているため、ボンディング材の回り込みによるリーク電流の増加を防止することができる。

【0032】上記実施例では、第 2 次劈開のために V 溝を形成したが、V 溝の代わりに断面が U 字状の溝を形成し、その溝の底面をスクライブしてもよい。U 字状の溝を多重量子井戸層 5 の下面の位置よりも深くすれば、スクライブによるクラックが p n 接合部に発生することを防止できる。

【0033】図 3 に、上記実施例により製造された SLD の発光スペクトルの一例を示す。横軸は発光波長を単位「nm」で表し、縦軸は発光強度を、その最大値を 100 とした相対目盛で表す。SLD の発光スペクトルは、レーザ発振した場合の発光スペクトルに比べて、ブロードなスペクトル特性を有する。

【0034】発光強度の最大値を I_{max} 、発光強度の最大値を与える発光波長の極近傍の波長域における発光強度の最低値を I_{min} としたとき、スペクトル変調度 SMD (Spectral Modulation Depth) が、

【0035】

【数 1】

$$SMD = (I_{max} - I_{min}) / (I_{max} + I_{min})$$

で定義される。レーザ発振した場合には、SMD がほぼ 100% になる。上記実施例による SLD では、SMD を 20% 以下とすることができた。

【0036】図 4 に、図 2 に示した第 2 の部分 22 の直線状部分 22b の長さを変化させたときの、出力及び SMD の変化を示す。なお、注入電流は 100mA である。横軸は、直線状部分 22b の長さを単位「 μm 」で表し、左縦軸は SL 光の出力を単位「mW」で表し、右縦軸は SMD を単位「%」で表す。なお、SLD チップ

の長辺の長さ（出射端面 23 と反射端面 24 との間隔）は $750 \mu m$ であり、尾根状部分 9a、10a の幅は $4 \mu m$ であり、出射端面 23 の反射率は 0.3% であり、反射端面 24 の反射率は 31% であり、チルト角 α は 7° である。なお、尾根状部分 9a、10a の幅とは、コンタクト層 10a の上面の幅を意味する。また、直線状部分 22b の長さが $0 \mu m$ であるということは、図 2 の円弧状部分 22a が反射端面 24 に直接接続されていることを意味する。

【0037】直線状部分 22b を長くすると、SMD が大きくなり、レーザ発振に近づくとともに、出力が低下している。これは、下記の理由によるものと考えられる。すなわち、直線状部分 22b に沿って出射端面 23 に向かって伝搬する光のうち一部は、第 1 の部分 21 内に進入せずそのまま直進する。直進した光は、出射端面で反射し、直線状部分 22b 内に戻ってくる。直線状部分 22b が長くなり出射端面 23 に近づくと、直線状部分 22b に戻ってくる成分が多くなる。このため、レーザ発振に近づき、SMD が大きくなったと考えられる。

【0038】直線状部分 22b が短い場合には、上述の直進する成分の減衰が大きくなるため、出射端面 23 で反射して直線状部分 22b に戻ってくる成分は非常に少ない。このため、レーザ発振しにくくなり、SMD が小さくなると考えられる。レーザ発振を抑制し、SMD を小さくするためには、主面の長辺の長さ（出射端面 23 と反射端面 24 との間隔）に対する直線状部分 22b の長さの比を、 $1/2$ 以下とすることが好ましい。

【0039】図 5 (A) に、直線状部分 22b の長さを 0 にした場合の SLD の概略平面図を示す。第 2 の部分 22 が円弧状部分のみで構成される。この場合、円弧状部分 22 の中心点が反射端面 24 上に位置し、円弧状部分 22 が反射端面 24 に対して垂直に交わる。

【0040】図 5 (B) に、円弧状部分の中心点が反射端面 24 よりも外側に位置する場合を示す。この場合、第 2 の部分 22 と反射端面 24 とが接続された点 26 において、反射端面 24 の主面内に向かう法線と第 2 の部分 22 との成す角 β が、チルト角 α よりも小さい。このように、角 β をチルト角 α よりも小さくすると、導波路 20 を第 1 の部分 21 のみで構成した場合に比べて、反射端面 24 で反射された光のうち導波路 20 に戻ってくる成分が多くなる。これにより、出射端面 23 から出射する SL 光の強度を高めることができる。

【0041】図 5 では、第 2 の部分 22 を円弧状とした場合を示したが、その他の曲線状としてもよい。ただし、伝搬損失を少なくするために、第 2 の部分 22 を、変曲点を持たない曲線状とすることが好ましい。

【0042】図 6 に、図 2 に示したチルト角 α の大きさと、SL 光の出力及び SMD との関係を示す。横軸はチルト角 α の大きさを単位「度」で表し、左縦軸は出射端面からの相対出力を任意目盛で表し、右縦軸は SMD を

単位「%」で表す。SLDチップの長辺の長さは750 μm であり、導波路20の直線状部分22bの長さは200 μm であり、尾根状部分9a、10aの幅は4 μm である。なお、図6に示した各SLDにおいては、図2に示した出射端面23及び反射端面24上に、それぞれ反射防止膜31及び反射膜32が形成されていない。なお、反射防止膜31及び反射膜32を形成すると、出力及びSMDの絶対値は変化するが、チルト角 α の変化に対する出力及びSMDの変動の傾向は変わらないであろう。

【0043】チルト角 α が大きくなると、SMDが減少する。これは、出射端面23で反射した成分のうち導波路内に戻ってくる成分が少ないためと考えられる。また、チルト角 α が大きくなると、出力が低下している。これは、出射端面23で反射し、SLDチップ内に戻る成分が多くなり、出射端面23から外部に出射する成分が少なくなるためと考えられる。実用的には、チルト角 α を $2^{\circ} \sim 10^{\circ}$ とすることが好ましく、 $5^{\circ} \sim 7^{\circ}$ とすることがより好ましい。

【0044】図7に、図1に示した尾根状部分9a、10aの幅と、SL光の出力及びSMDとの関係を示す。横軸は尾根状部分9a、10aの幅を単位「 μm 」で表す。左縦軸及び右縦軸は、図6のそれと同様である。なお、SLDチップの長辺の長さは750 μm であり、導波路20の直線状部分22bの長さは200 μm であり、出射端面23及び反射端面24の反射率は共に31%であり、チルト角 α は 7° である。

【0045】尾根状部分の幅が広がるに従って、SL光の出力及びSMDが共に低下している。高出力のSL光を得るために、尾根状部分の幅を、10 μm 以下とすることが好ましい。

【0046】図8に、出射端面23の反射率と、SL光の出力及びSMDとの関係を示す。横軸は出射端面23の反射率を単位「%」で表す。左縦軸及び右縦軸は、図6のそれと同じである。なお、SLDチップの長辺の長さは750 μm であり、導波路20の直線状部分22bの長さは200 μm であり、尾根状部分の幅は4 μm であり、チルト角 α は 7° である。反射端面24上には、反射膜32が形成されておらず、劈開面が露出している。

【0047】出射端面23の反射率がほぼ0%のSLDは、出射端面23上に反射防止膜31が形成されているものである。また、出射端面23の反射率が31%のSLDは、出射端面23上に反射防止膜が形成されておらず、劈開面が露出しているものである。出射端面23の反射率が増加すると、出力が低下し、SMDが大きくなっていることがわかる。これは、出射端面23に到達した光のうち、出射端面23で反射し、導波路内に戻る成分が増加し、レーザ発振し易くなったためと考えられる。図8に示したように、出射端面23上に反射防止膜

31を形成することにより、出力を増加させ、かつSMDを減少させることができる。

【0048】図9に、反射端面24の反射率と、SL光出力及びSMDとの関係を示す。横軸は反射端面24の反射率を単位「%」で表す。左縦軸及び右縦軸は、図6のそれと同じである。なお、SLDチップの長辺の長さは750 μm であり、導波路20の直線状部分22bの長さは200 μm であり、尾根状部分9a、10aの幅は4 μm であり、チルト角 α は 7° である。出射端面23の反射率は0.3%である。

【0049】反射端面24の反射率が増加すると、SMDが大きくなっている。これは、反射端面24からの反射光が導波路内に戻り、レーザ発振し易くなったためと考えられる。反射端面24の反射率が3%程度まで低下すると、出力が低下するが、反射端面24の反射率が10%の時には、反射率が31%の時と同等の出力が得られている。出力の低下を招くことなく、かつSMDを小さくするためには、反射端面24の反射率を10%程度にすることが好ましい。

【0050】次に、図1に示した尾根状部分9a、10aの両脇におけるp型クラッド層の厚さdを変えたときの光出力特性について説明する。図1に示した実施例では、p型クラッド層7が0.3 μm であり、エッチング停止層8が3 nmであるから、厚さdは約0.3 μm である。さらに、p型クラッド層7の厚さを0.5 μm 、すなわち厚さdを0.5 μm にした評価用試料を作製した。

【0051】図10(A)及び(B)は、それぞれ厚さdを0.3 μm にした試料及び厚さdを0.5 μm にした試料の遠視野像を示す。なお、両者共、図2に示したチップ長は750 μm 、直線状部分22bは200 μm 、出射端面23の反射率は0.3%、反射端面24の反射率は31%、チルト角 α は 7° であり、図1に示した尾根状部分9a、10aの幅は4 μm である。また、注入電流は160 mAである。

【0052】厚さdが0.3 μm の試料では、図10(A)に示すように、SL光による像E_sのみが観察された。これに対し、厚さdが0.5 μm の試料では、SL光による像E_sのみならず、その近傍にレーザ発振による像E_iも同時に観察された。厚さdが0.3 μm の試料の場合には、溝13内を満たす大気屈折率と、尾根状部分9a、10aの屈折率との差が大きいため、尾根状部分9a、10aにより十分な導波効果が得られる。ところが、厚さdが0.5 μm の試料では、尾根状部分9a、10aの両脇に、比較的厚いクラッド層が存在するため、導波効果が弱くなる。このため、注入電流の増加に伴ってレーザ発振し易くなり、レーザ発振による像E_iが観察されたと考えられる。注入電流を増加させても、レーザ発振することなく、大出力のSL光を得るために、厚さdを0.3 μm 以下とすることが好まし

い。

【0053】次に、図11を参照して、チップ単位に分割する前のGaAsウエハの主面上のチップの配置について説明する。

【0054】図11は、分割前のウエハの部分平面図を示す。2つの劈開方向をそれぞれX方向及びY方向とするXY直交座標系を考える。さらに、Y方向に平行で、かつX方向にある距離を隔てて配列した複数の第1の仮想直線40、及びX方向に平行で、かつY方向にある間隔を隔てて配列した複数の第2の仮想直線41を考える。第1の仮想直線40及び第2の仮想直線41により区画される最小単位が、1つのチップに対応する。

【0055】導波路20の各々が、相互に隣り合う第1の仮想直線40の間に配置されている。導波路20の第1の部分21が、Y方向に対して傾斜し、第2の部分22の直線状部分がY方向に平行に配置されている。Y方向に隣接する2つのチップの第1の部分21は、1本の直線に沿って配置され、相互に連続している。また、Y方向に隣接する2つのチップの第2の部分22の直線状部分も、Y軸に平行な1本の直線に沿って配置され、相互に連続している。このため、Y軸に平行な部分と、Y軸に対して傾いている部分とが、X軸方向に関して交互に現れる。また、Y軸に平行な部分及びY軸に対して傾いている部分の各々が、第2の仮想直線と交差する。第1の仮想直線40に沿ってV溝16が形成されている。この状態で、図1に示した保護膜11、p側電極12、及びn側電極14が形成されている。

【0056】次に、ウエハをチップ単位に分離する工程を説明する。まず、第2の仮想直線41に沿って第1次劈開を行う。劈開面が、図2に示した出射端面23及び反射端面24に対応する。劈開面上に、反射防止膜31及び反射膜32を形成する。次に、V溝16に沿って第2次劈開を行う。第2次劈開により、チップ単位に分割される。

【0057】図11に示したチップ配置とすると、第1次劈開を行う位置が、導波路20の直線状部分の中央部になる。このため、第1次劈開の位置に高い精度が要求されない。従って、劈開位置のずれを見込んだ切りしろを設けておく必要が無く、1枚のウエハから切り出せるチップ数を多くすることが可能になる。

【0058】上記実施例によるSLDの出射端面23から放射された光線束を受光できる場所に受光素子を配置することにより、光空間伝送を行うことができる。SLDの動作速度は、LEDの動作速度に比べて速いため、高速の伝送を行うことが可能になる。

【0059】以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

【0060】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によると、レーザ発振を抑制し、高出力のSL光を取り出すことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例によるSLDの断面図である。

【図2】本発明の実施例によるSLDの平面図である。

【図3】SL光のスペクトルの一例を示すグラフである。

【図4】本発明の実施例によるSLDの導波路の第2の部分の直線状部分の長さを変えたときの出力とSMDとの変化を示すグラフである。

【図5】本発明の実施例の変形例によるSLDの平面図である。

【図6】本発明の実施例によるSLDの導波路の、出射端面の法線からのチルト角を変えたときの出力とSMDとの変化を示すグラフである。

【図7】本発明の実施例によるSLDの導波路を画定する尾根状部分の幅を変えたときの出力とSMDとの変化を示すグラフである。

【図8】本発明の実施例によるSLDの出射端面の反射率を変えたときの出力とSMDとの変化を示すグラフである。

【図9】本発明の実施例によるSLDの反射端面の反射率を変えたときの出力とSMDとの変化を示すグラフである。

【図10】尾根状部分の両脇のクラッド層の厚さを変えたときの遠視野像をスケッチした図である。

【図11】実施例によるSLDチップの分割前のウエハの平面図である。

【符号の説明】

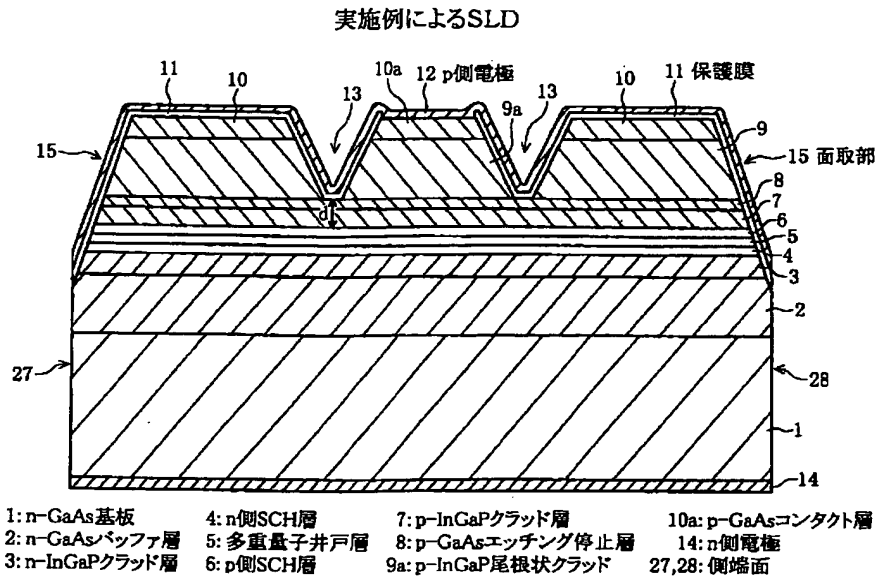
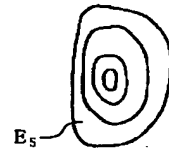
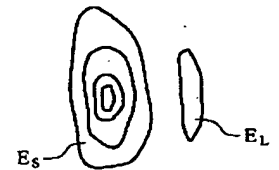
- 1 基板
- 2 バッファ層
- 3 p型クラッド層
- 4 n側SCH層
- 5 多重量子井戸層
- 6 p側SCH層
- 7 p型クラッド層
- 8 エッチング停止層
- 9 9型InGaP層
- 9a 尾根状クラッド
- 10 p型GaAs層
- 10a コンタクト層
- 11 保護膜
- 12 p側電極
- 13 溝
- 14 n側電極
- 16 V溝
- 20 導波路
- 21 第1の部分
- 22 第2の部分

- 13
- 22a 円弧状部分
22b 直線状部分
23 出射端面
24 反射端面
25、26 点
- 27、28 側端面
31 反射防止膜
32 反射膜
40 第1の仮想直線
41 第2の仮想直線

14

【図1】

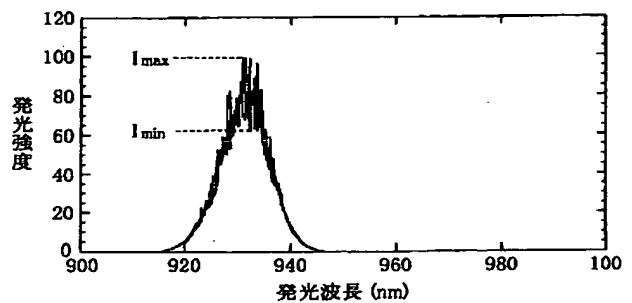
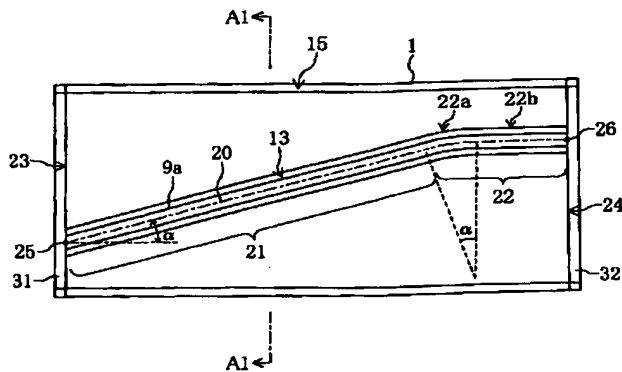
【図10】

(A) $d=0.3\mu\text{m}$ (B) $d=0.5\mu\text{m}$ 

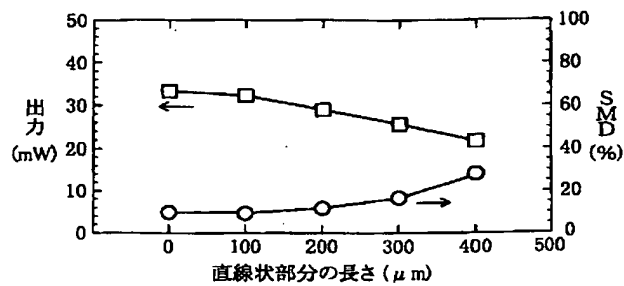
【図2】

【図3】

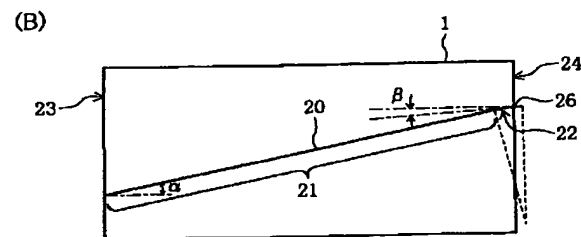
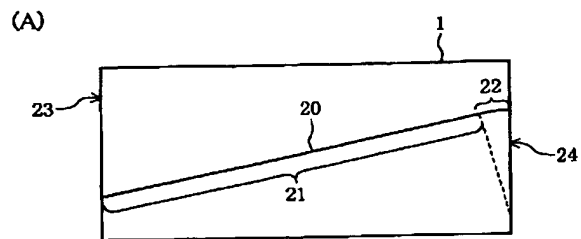
実施例によるSLD



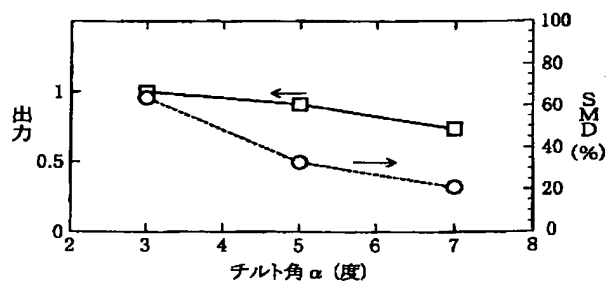
【図 4】



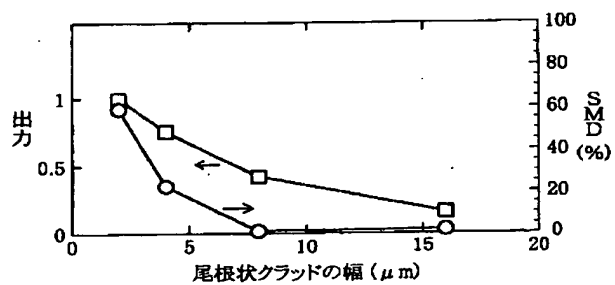
【図 5】



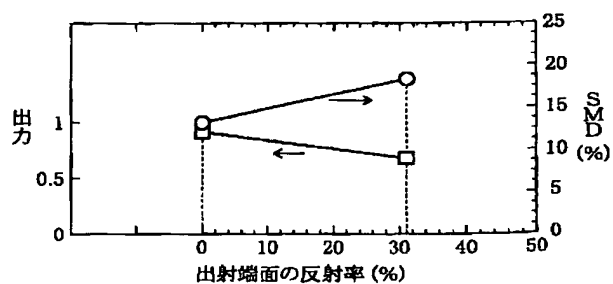
【図 6】



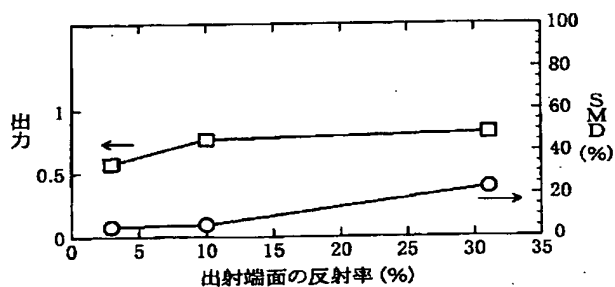
【図 7】



【図 8】

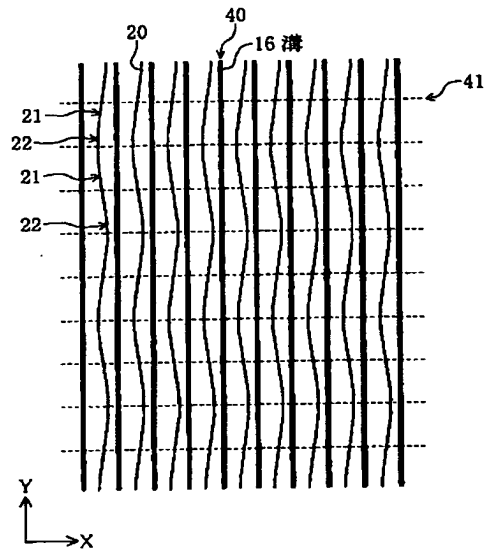


【図 9】



【図 11】

実施例によるSLDのチップ分割前のウエハ



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷
H04B 10/02

識別記号

F I

ターマコード (参考)

(72)発明者 笹倉 賢
神奈川県横浜市青葉区荏田西1-3-1
スタンレー電気株式会社技術研究所内

(72)発明者 丸山 剛
神奈川県横浜市青葉区荏田西1-3-1
スタンレー電気株式会社技術研究所内
Fターム(参考) 5F041 AA04 AA13 CA05 CA34 CA35
CA39 CA53 CA57 CA65 CA74
CA76 DA03 FF14
5K002 BA14 BA21 FA03